

UNIVERSITÉ DE LIMOGES

ECOLE DOCTORALE Science - Technologie - Santé
FACULTÉ des Sciences et Techniques

Année : 2005

Thèse N° 4-2005

Thèse

pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE LIMOGES

Discipline : Électronique des Hautes Fréquences et Optoélectronique
Spécialité : Télécommunication

Présentée et soutenue par

RIAH ZOHEIR

Le 8 février 2005

PLATE-FORME SCILAB DE SIMULATION INTEGRÉE CIRCUITS/COMPOSANTS

Dirigée par Raymond QUÉRÉ et Raphaël SOMMET

Composition du jury

<i>Président :</i>	M. Michel PRIGENT	Professeur à l'Université de Limoges
<i>Rapporteurs :</i>	M. Christophe DALLE	Chargé de Recherche HDR à l'Université de Lille 1
	M. Olivier LLOPIS	Directeur de Recherche à l'Université de Toulouse 3
<i>Examineurs :</i>	M. Serge STEER	Directeur de Recherche à l'INRIA Rocquencourt
	M. Jean-Claude JACQUET	Ingénieur à THALES LCR ORSAY
	M. Philippe LEVÊQUE	Chargé de Recherche à l'Université de Limoges
	M. Raymond QUÉRÉ	Professeur à l'Université de Limoges
	M. Raphaël SOMMET	Chargé de Recherche à l'Université de Limoges

Table des matières

Table des figures	ix
Introduction générale	
Bibliographie	5
Chapitre 1	
Simulation globale	
1.1 Introduction	7
1.2 Avantages et inconvénients	7
1.3 Analyse de différents types de simulation	9
1.3.1 Simulation physique	9
1.3.2 Simulation électromagnétique	15
1.3.3 Simulation thermique	16
1.3.4 Simulation de circuits	17
1.4 La plate-forme Scilab	26
1.5 Grille de calcul et métacomputing	28
1.6 Présentation du projet GASP	31
1.7 Conclusion	36
Bibliographie	37
Chapitre 2	
La boîte à outils Scilab	
2.1 Introduction	43
2.2 Le simulateur physique HETSI	45

2.2.1	Les équations de transport du modèle dérive-diffusion	46
2.2.2	Normalisation des équations physiques de transport	48
2.2.3	Discrétisation des équations physiques normalisées par la méthode des différences finies	49
2.2.4	Ecriture et résolution du système numérique	51
2.3	Couplage HETSI-simulation circuit dans Scilab	54
2.3.1	Simulation non linéaire d'un circuit extérieur simple constitué de résistances	56
2.3.2	Simulation linéaire d'un circuit [15]	74
2.3.3	Simulation linéaire d'un circuit présentant des éléments parasites . .	82
2.4	Conclusion	86

Bibliographie 87

<p>Chapitre 3 Analyse en bruit</p>
--

3.1	Introduction	91
3.2	Les phénomènes physiques responsables de bruit dans les semi-conducteurs	92
3.2.1	Le bruit de génération-recombinaison	92
3.2.2	Le bruit de diffusion	96
3.2.3	Le bruit 1/f	102
3.3	Méthodes d'analyse de bruit	104
3.3.1	L'approche collective	104
3.3.2	La méthode du champ d'impédance	107
3.3.3	Simulation numérique de bruit avec le modèle de dérive-diffusion . .	110
3.4	Résultats de simulation	116
3.5	Conclusion	122

Bibliographie 123

<p>Chapitre 4 Application de la simulation couplée à l'aide à la modélisation</p>

4.1	Introduction	129
4.2	Performances des TBH sur les transistors classiques	130
4.3	Effets limitatifs dans les performances du TBH	131

4.4	Simulation de l'effet Kirk	132
4.5	Modélisation des capacités	136
4.6	Etat actuel du projet GASP	141
4.7	Conclusion	142

Bibliographie	143
----------------------	------------

Conclusion générale et perspectives
--

Annexes

1	Annexe1	149
2	Annexe2	154

Resumé

Le travail présenté dans ce mémoire concerne le développement d'une plate-forme de simulation globale développée autour de l'environnement Scilab intégrant un modèle physique de transistor bipolaire à hétérojonction et la simulation circuit. Le premier chapitre présente les différents types de simulation pouvant coexister et nécessaire à la conception d'un circuit MMIC, ainsi que la plate-forme Scilab ainsi et le projet RNTL-GASP. Nous avons développé dans le second chapitre une boîte à outils capable de prendre en compte les différents aspects du couplage entre les équations physiques du transistor et l'environnement circuit. Nous pouvons calculer désormais les différents régimes permanents de fonctionnement du transistor, qu'ils soient linéaires ou non dans les domaines temporel et fréquentiel. Cette boîte à outils nous a servi de base dans le troisième chapitre à l'analyse et à la compréhension physique du phénomène de bruit dans les composants semi-conducteurs. En fait nous avons utilisé la méthode de perturbation linéaire pour introduire des sources de bruit locales au niveau de la structure interne de composant afin de calculer les densités spectrales de bruit à ses contacts. Enfin le dernier chapitre montre l'intérêt d'une telle démarche dans le cadre d'une aide à la modélisation, concrétisé avec deux exemples qui sont l'effet Kirk et le calcul de la répartition transistoire des charges dans le transistor bipolaire à hétérojonction.

MOTS-CLEFS : TBH, simulation couplée, boîte à outils Scilab, approche client-agent-serveur, simulation physique de bruit, modélisation physique.

Abstract

This work presents the development of a global simulation platform around Scilab software which integrates a physical model of heterojunction bipolar transistor and the circuit simulation. The first chapter presents the various types of simulation which coexist and which are necessary to design a MMIC circuit, the Scilab platform as well as the RNTL-GASP project. We have developed in the second chapter a toolbox taking into account of all the possible forms of coupling method between physical equations and the circuit environment. We can now calculate the various transistor steady state operations, which can be linear or not in the time and frequency domain. This toolbox is used in the third chapter to analyse and understand physics based noise phenomena in semiconductor devices. In fact, we have used the linear perturbation method to introduce local noise sources inside the device in order to calculate the noise spectral densities at these contacts. Finally, the last chapter shows the interest of this kind of approach to model and simulate physics phenomena. The demonstrators concern two examples which are the Kirk effect and the transient integral charge control.

KEYWORDS : HBT, coupling simulation, Scilab toolbox, client-agent-server approach, noise physical simulation, physical modeling.